

Ю. А. Каграманов, Н. А. Симанов, П. А. Илюхин, В. Г. Тупоногов
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
nikitajui@mail.ru

РАСЧЕТ ПОТОЧНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ СЕРООЧИСТКИ СИНТЕЗ-ГАЗА

Поточный реактор рассчитывался в стационарном режиме, определялось падение концентрации сероводорода по высоте установки в зависимости от общей истощенности сорбента (глобальная конверсия). Оценивалась истощенность сорбента за один проход через реактор (локальная конверсия). Приведено сравнение расчетных данных с экспериментальными данными разных авторов.

Ключевые слова: синтез-газ; сероводород; горячая сероочистка; сорбент; поточный реактор.

Yu. A. Kagramanov, N. A. Simanov, P. A. Ilyukhin, V. G. Tuponogov
Ural Federal University, Ekaterinburg

THE FLOW REACTOR CALCULATION FOR THE HOT SYN-GAS DESULPHURIZATION

A flow reactor was calculated at steady state and hydrogen sulfide concentration drop along installation height depending on the total depletion of the sorbent (global conversion) is determined. Sorbent attrition was evaluated in a single pass through the reactor (local conversion). A comparison of the results with the experimental data of different authors is shown.

Key words: syngas; hydrogen sulfide; hot desulphurization; sorbent; flow reactor.

Аналитический расчет поточного реактора. В ходе проведения опытов было зафиксировано, что скорость реакции растет в зависимости от температуры (табл. 1).

Зависимость скорости реакции от температуры [2]

T, K	$R_R, \text{моль/с}$
501	$2,29e-8$
523	$2,42e-8$
550	$2,90e-8$
575	$3,10e-8$

Табличную зависимость скорости реакции от температуры на текущем интервале можно записать в виде формулы:

$$R_R^{\text{TGA}} = 1,135e - 10 \cdot T - 3.433e - 8 \quad (1)$$

Известно, что скорость реакции данного процесса линейно зависит от концентрации сероводорода (первый порядок реакции), линейно зависит от давления.

Для масштабирования процесса поглощения сероводорода окисью цинка до размеров поточного реактора введем поправочные коэффициенты:

$$A_{\text{TGA}} = \frac{1}{(C_{\text{H}_2\text{S}}^{\text{TGA}})^x \cdot (m_{\text{ZnO}}^{\text{TGA}})^y \cdot (P_{\text{TGA}})^1} \quad (2)$$

$$A_R = \frac{1}{(C_{\text{H}_2\text{S}}^R)^x \cdot (m_{\text{ZnO}}^R)^y \cdot (P_R)^1} \quad (3)$$

где $x = y = 1$, порядки реакции по газу и по твердой фазе.

Скорость реакции в поточном реакторе будет определена как

$$R_R^R = R_R^{\text{TGA}} \frac{A_{\text{TGA}}}{A_R} \quad (4)$$

Воздействие массы сорбента на скорость реакции можно подтвердить опытными данными [3] для реакции окисления сульфида цинка. На базе выведенных уравнений была составлена расчетная модель реактора сероочистки синтез газа.

Расчет поточного реактора NETL. В литературных данных достаточно подробно описаны экспериментальные данные процесса очистки синтез газа от сероводорода в поточном реакторе. Описанная выше расчетная модель была применена для количественного

описания процесса. В качестве входных параметров задавались: расход газа, давление газа, температура газа, состав газа, геометрические характеристики реактора (табл. 2), расход сорбента, диаметр частиц, удельная поверхность. Рассчитывалось объемное содержание сероводорода в газе на выходе.

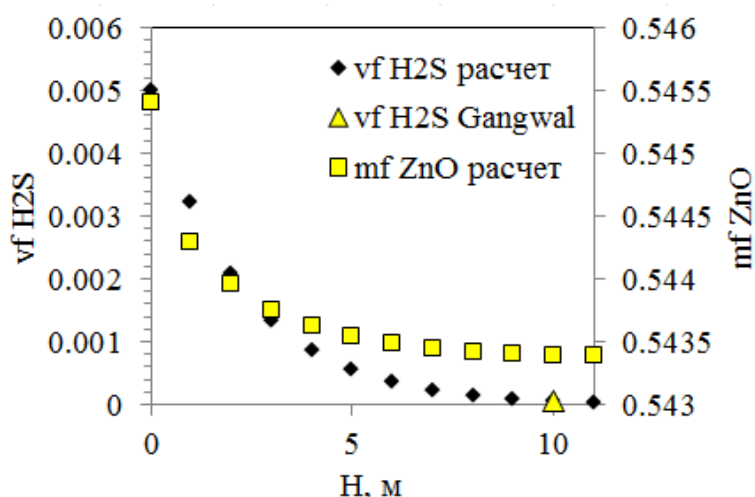
Таблица 2

Параметры поточного реактора [4]

Параметр	Ед. изм.	Значение	Параметр	Ед. изм.	Значение
Диаметр реактора	м	0,0254	БЕТ площадь	кв. м/г	26
Высота реактора	м	3×0,0254	Температура реакторе	°С	537
Диаметр пеллет	мм	10	Давление реакторе	Па	103421
Плотность сорбента	кг/куб. м	3550	Состав синтез-газа		
Состав сорбента			Сероводород	%	0,2
Оксид цинка	г	2000	Монооксид углерода		12,5
Оксид титана	г	982	Водород		13,8
Силикагель	г	238	Вода		19
Бентонит	г	298	Метан		1
Сульфат кальция	г	149	Двуокись углерода		11
Объемная скорость	ч ⁻¹	2000	Расход	нсм ³ /мин	964
			Время истощения	ч	20–25

Расчет показал, что высоты реактора 9 м достаточно для очистки синтез-газа от сероводорода до требуемых <50 ppmv (рисунок).

Заключение. Технология горячей сероочистки синтез газа представляет огромный интерес, поскольку при ее использовании возможно значительное увеличение эффективности цикла, при общем сокращении выбросов загрязняющих веществ. При этом, горячая сероочистка может существенно сократить капитальные и эксплуатационные затраты электростанции.



Падение концентрации сероводорода по высоте реактора

Проведенные исследования и расчеты позволили более глубоко понять суть происходящих процессов, слабые и сильные стороны разрабатываемой технологии. Полученные модель предполагается интегрировать в расчет всего энергоблока. Связь теплофизических и технологических параметров позволит в будущем разработать экономическую модель системы в целом и оценить инвестиционную привлекательность объекта, в сравнении с конкурирующими газовыми электростанциями и альтернативными источниками электроэнергии.

Список использованных источников

1. Giuffrida A. Thermodynamic analysis of air blown gasification for IGCC plants // *Applied Energy*. 2011. Vol. 88. P. 3949–3958.
2. Kagramanov Y. A., Tuponogov V. G., Ryzhkov A. F., Osipov P. V. Syngas Clean-Up System Kinetics Investigation // *Thermal Science*. 2018. Vol. 22, № 1B. P. 699–707.
3. Munts V. A., Ivakina S. A., Terentev V. M. Gas generation during the zinc concentrate annealing // *Tsvetnye Metally*. 2017. №. 2. P. 40–45.
4. Process for preparing zinc oxide-based sorbents : pat. US 7,956,006 B2. / Gangwal S. K., Gupta R. P., Turk B. S. ; Assignee: Research Triangle Institute (Research Triangle Park, NC) ; Appl. No.: 11/771,396 ; Filed: June 29, 2007 ; Gangwal: June 7, 2011.